

浜岡原子力発電所の原子炉建屋外壁開口部へのフラップゲートの適用について

1. はじめに

平成23年3月11日に発生した福島第一原子力発電所の炉心損傷事故の最大の原因は、想定を大きく上回る津波により安全上重要な電源系や海水冷却系の設備が複数同時故障したことにある。このとき痛感させられたのは、津波が極めて顕著なクリッフェッジ効果*をもたらした点であった。

浜岡原子力発電所では、設計の想定を超える津波に対する対策を検討するうえで、この津波の特性を意識して、その影響を緩和させるような多段の対策（最初の対策が破ら

れても、次、更にその次と複数の対策を備えること）を施して、より大きな余裕を確保することに努めている。ここでは、このような津波対策検討の一環として研究を進めたフラップゲートの建屋開口部への適用について紹介する。

※クリッフェッジ効果：

外力等のプラントパラメータがある閾値を超えることによってプラントの状態が急峻に変化し、厳しい異常な状態に進展すること。

2. 浜岡原子力発電所の津波対策

平成24年8月に内閣府の南海トラフの巨大地震モデル検討会の第二次報告により南海トラフの巨大地震による津波高さ等の検討結果が発表された。浜岡原子力発電所の津波対策は、浸水防止対策①（防波壁、防水壁等）、浸水防止対策②（建屋外壁扉や貫通部の防水対策、建屋内機器室扉等の防水対策等）により、報告されたこの地域で想定される最大クラスの津波高（海岸線付近で海拔19m）を考えても十分な余裕を確保して対策している。

原子炉建屋の上層部にある換気空調系の開口部については、基本的に閉止できないため対策が必要な場合は開口部の位置を更に上層部に移設する方法で対応しており対策と

しては十分なものとなっている。

ここでは、更に対策技術の選択肢を増やす観点から、換気空調系の建屋開口部に対して、津波が来た時に適切に閉止して建屋内への浸水を防止する方法について検討することとした。

そこで河川や港湾施設で実績のある、駆動力や人為操作が不要で水流により作動するフラップゲート*に着目し、建屋開口部への適用性について検討した。

※一般的には、河川や港湾の水門等で使われているほか、最近では津波や高潮時にその水流により自立するフラップゲート式の防潮堤が開発されている。

3. フラップゲートの作動原理

適用するフラップゲートの基本原理は、水流の強さによらずに水に対する浮力をを利用して開口部の浮体構造の扉を水位の上昇、下降に追従させて開閉させるものである。（図1参照）フラップゲートは、原理的に浸水を全く無くすことはできないが、津波による海水の浸入を大幅に制限することができる。適用においては、換気空調系を津波襲来時の一定時間停止させる必要があるものの、浸入した一部の水については、換気空調系の開口部付近のダクトに水を流すドレン受けを設ける等の対応により、津波の浸水に対して建屋内の安全上重要な設備の機能確保に十分に寄与できるものと考えている。

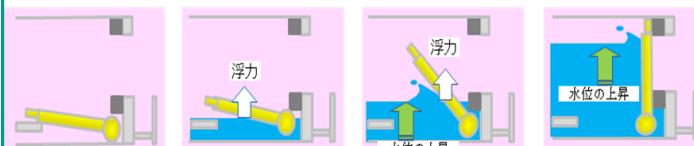


図1 フラップゲートの動作イメージ

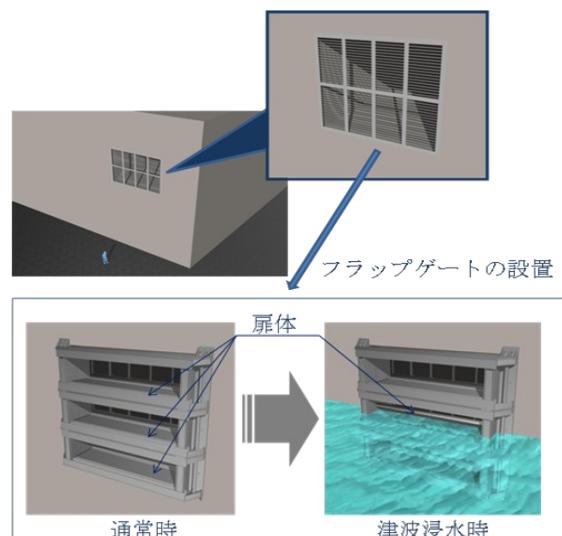


図2 原子炉建屋の換気空調系開口部
へのフラップゲート適用イメージ

4. 津波対策へのフラップゲートの適用性検討

(1) 津波に対するフラップゲートの動特性等の確認

津波に対してフラップゲートが確実に動作することができるのかについて、2次元造波水路を用いた水理模型実験によりフラップゲートに衝撃的な波力が生じる段波作用時の動特性並びに波圧特性を確認した。

その結果、フラップゲートが緩慢な水位上昇のみならず

急激な水位上昇にも追従して確実に閉鎖できることを確認した。図3は、段波状の津波を模擬した水理模型実験により水位が0.5秒程度で一気に上昇してもフラップゲートの扉体がそれに追随して閉止できることを確認した結果を示している。またフラップゲートの扉体下面に作用する津波の波圧は、入射する段波の水平流速より推定できることも確認した。

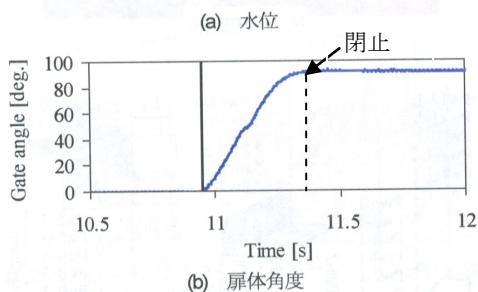
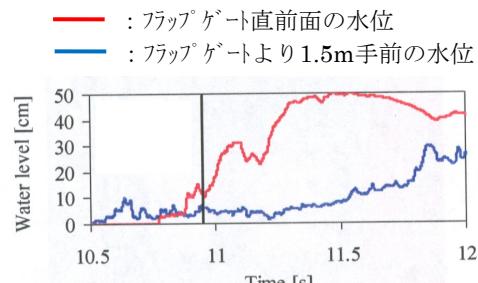


図3 2次元造波水路を用いた水理模型実験によるフラップゲートの動特性結果（例）

(2) 建屋開口部へのフラップゲートの適用性検討

次に、建屋開口部への津波の浸入を防止するための設備として実用的なレベルで防水機能を確保することができるのかについてモデルでの実験を行った。

ここでは、実機適用を意識して多段式のフラップゲートにおいて扉体が適切に動作することを確認するとともに、段波性の津波作用時に、フラップゲートの開口部からの水の流入量について測定し、実機適用における流入量の評価方法を策定した。

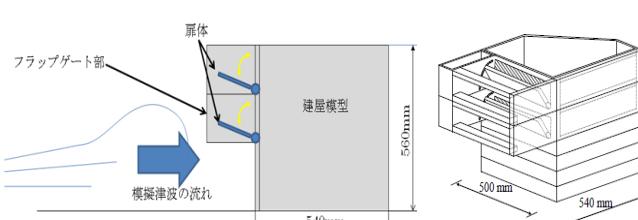


図4 実験に使用したフラップゲートモデル外観

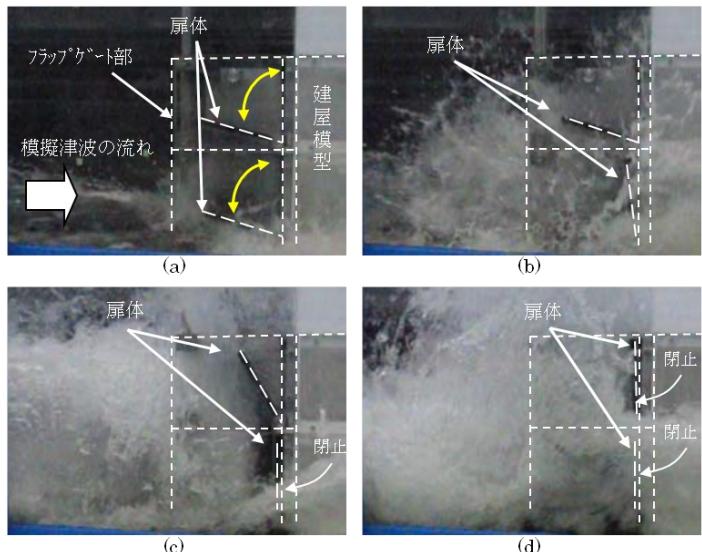


写真1 津波時における2段式フラップゲートの扉体動作

なお、実験では使用していないが、実機では小さな漂流物の流入によりフラップの動作が妨げられることがないように網や格子状のガードを設けることを検討している。更に津波波力や風荷重、耐震性等も考慮して機能が確保できるように強度を持たせることにしている。

5. おわりに

当社は、フラップゲートの実機適用性の見通しを得たことから平成24年12月20日に浜岡5号機の空調系開口部に適用することを公表した。

5号機は他号機に比べて海に近いことなどから、津波が防波壁を越えて敷地内に浸入した場合のシミュレーションでは、最大浸水水位が他号機よりも比較的高い結果となったため、このフラップゲート（建屋開口部自動

閉止装置）を採用することとした。

フラップゲートは、空調系の開口部のような通常は閉止できない開口部に対して有効であり、可動部の信頼性については、定期的な作動試験やメンテナンスを適切に行うことで、十分に対応できるものと考えている。

最後に、本研究は、京都大学、名古屋大学、日立造船（株）、東京電力（株）との共同研究で実施したものである。

[中部電力株式会社]